

BERBAGAI MASALAH PENCEMARAN LOGAM BERAT DI LINGKUNGAN KITA

(The Problems of Heavy Metal Waste in Our Environment)

Bambang Hariono

Bagian Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada.

Abstrak

Masalah pencemaran lingkungan hidup di Indonesia senantiasa memprihatinkan kita, dan merupakan persoalan yang tidak lepas dari aktivitas manusia yang kemudian berdampak pada lingkungan sekitarnya. Dalam hal ini logam berat dari berbagai sumber sangat mencemari lingkungan hidup kita. Oleh karenanya, penelitian-penelitian yang sifatnya menganalisis dan memantau dampak samping pembangunan, terutama pada era industrialisasi di negara ini, perlu digalakkan dan dicermati.

Berbagai informasi dari hasil penelitian para pakar telah memperlihatkan pengaruh logam berat pada lingkungan yang dapat meliputi udara, air, tanah, tanaman, hewan dan manusia. Oleh karenanya, terjadilah suatu mata rantai permasalahan yang tidak habis-habisnya. Salah satu program kita ialah pembangunan lingkungan, yang dalam hal ini akan menyangkut juga masalah penanganan dan pengendalian limbah logam berat. Berbagai faktor penghambat dalam penanganan limbah logam berat telah dikemukakan oleh para peneliti sehingga perlu dicarikan cara pemecahannya seperti yang diterangkan dalam makalah ini.

Abstract

Environmental pollution is a serious problem in Indonesia and its relates to human activities. In this case, pollution from heavy metal needs to be addressed carefully as it gives many negative impacts on the environment. Studies that focus on pollution from heavy metal therefore, should be supported.

Previous studies have discovered the negative implication of the heavy metal on the air, water, soil, vegetation, and human. From here, the problem of pollution becomes more complex likes vicious circle. As part of the sustainable development ideas is to reduce the pollution from industrial development, we have to give more attention to the problems of heavy metal pollution. Have been identified by researcher in managing/controlling heavy metal waste and they need practical solution. This paper presents another alternative to solve heavy metal waste.

PENCEMARAN LINGKUNGAN OLEH INDUSTRI

Berbicara mengenai lingkungan dapat diartikan sebagai media atau suatu arena, tempat atau wilayah yang di dalamnya terdapat bermacam-macam bentuk aktivitas yang berasal dari ornamen-ornamen penyusunnya. Ornamen-ornamen yang ada di dalam dan membentuk lingkungan, merupakan suatu bentuk sistem yang saling meng-

ikat, saling menyokong kehidupan. karena itu, suatu tatanan lingkungan yang mencakup segala bentuk aktivitas dan interaksi di dalamnya disebut ekosistem.

Bola bumi sebagai satu lingkungan hidup yang menyatu dan tidak tercerai-kan menjadi wadah bagi segenap perikehidupan di atas bumi, dapat dirinci sekurang-kurangnya menjadi tiga jenis yaitu: (1) Kehidupan tumbuh-tumbuhan, yang terlaksana

dalam lingkungan hidup nabati; (2) kehidupan hewan, yang terlaksana dalam lingkungan hewani; dan (3) kehidupan manusia, yang terlaksana dalam lingkungan hidup insani.

Bumi kita konon telah berumur kurang lebih 4,5 milyar tahun. Manusia menghuninya baru sekitar 25.000 tahun dari sejarah pertumbuhan bumi ini. Wujudnya yang secara kasar dianggap berbentuk bola mempunyai jari-jari 6.378 km dan berat kira-kira $5,9 \times 10^{29}$ gram. Bagian bumi yang menunjang kehidupan manusia hanyalah keraknya saja, setebal antara 40 - 60 km (Zen, 1984). Pada bagian paling atas, kulit bumi, yang juga merupakan bagian dari kerak tadi, disebut tanah. Di atas tanah tersebut hidup tanaman, hewan dan manusia.

Pengertian lingkungan hidup yang tercantum dalam Undang-Undang No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah sbb: kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk didalamnya manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya (Anonim, 1982).

Pencemaran lingkungan, yakni suatu masalah yang sekarang banyak diperbincangkan, sebenarnya diartikan sebagai pekerjaan manusia yang secara sadar atau tidak telah mengotori (mencemari) lingkungannya. Jadi, sebenarnya hal ini telah berlangsung lama sekali sejak bumi ini dipadati manusia. Namun, baru 20 tahun terakhir ini kita merasakan dan menyadari akibat dari pencemaran lingkungan ini.

Manusia secara terus menerus mengembangkan teknologi yang membuat kehidupan menjadi lebih baik, tetapi banyak temuan tersebut ternyata mencemari lingkungan. Kita mengenal tiga penyebab timbulnya pencemaran lingkungan, yaitu sosial, ekonomi dan teknologi. Sebenarnya ketiga sebab tersebut sangat erat hubungannya satu dengan yang lain.

Industrialisasi yang mengandung ketiga aspek tersebut dengan sendirinya secara logis dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Sebagai contoh yang mudah dipahami adalah pencemaran oleh bahan bakar untuk penggerak kendaraan bermotor seperti mobil, bus dll.

Suatu lingkungan hidup dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan-perubahan dalam tatanan lingkungan itu sehingga tidak sama lagi dengan bentuk asalnya, sebagai akibat dari masuknya dan atau dimasukkannya suatu zat atau benda asing ke dalam tatanan lingkungan itu. Perubahan yang terjadi sebagai akibat dari kemasukan benda asing itu, memberikan pengaruh atau dampak buruk terhadap organisme yang sudah ada dan hidup dengan baik dalam tatanan lingkungan tersebut. Pada tingkat lanjut, dalam arti apabila lingkungan tersebut telah tercemar dalam tingkatan yang tinggi, cemaran dapat membunuh dan bahkan menghapuskan satu atau lebih jenis organisme yang tadinya hidup normal dalam tatanan lingkungan itu. Jadi, pencemaran lingkungan ialah terjadinya perubahan dalam suatu tatanan lingkungan asli menjadi suatu tatanan baru yang lebih buruk dari tatanan aslinya.

Di balik itu, pengalaman di negara kita dan beberapa negara sekitar kita maupun di negara-negara maju lainnya, menunjukkan bahwa suatu industri mempunyai dampak positif atau negatif. Sering kali daya dukung lingkungan menjadi rusak atau tercemar karena ambang batas pencemaran dilampaui. Baku mutu lingkungan sering dilewati, hal itu kita dengar di sana-sini, bukan saja di Indonesia tetapi juga di seluruh dunia. Dampak negatif inilah yang harus diwaspadai, karena dapat saja biaya untuk menanggulangi atau mengatasi suatu pencemaran atau kerusakan lingkungan akibat suatu limbah industri, jauh lebih besar dari pada keuntungan yang diperoleh dari sektor industri itu. Belum dihitung dampak rusaknya ekosistem atau sistem lainnya terhadap manusia.

Toksikan yang sangat berbahaya umumnya berasal dari buangan industri, terutama sekali industri kimia (produk dari industri pestisida) dan industri yang melibatkan logam berat dalam proses produksinya.

Bagaikan suatu invasi, dampak negatif tersebut di atas dapat berakibat fatal terhadap kehidupan manusia dan lingkungan. Malapetaka yang terjadi ini sering sebagai akibat dari kurangnya perencanaan, kurangnya pengertian tentang pengaturan limbah maupun pendaur-ulangan serta pengaruh limbah itu sendiri bagi kesehatan lingkungan termasuk kesehatan manusia. Dapat juga dikatakan sebagai kurangnya perhatian manusia terhadap pelestarian dan perlindungan terhadap kehidupan dan ekosistem.

Pencemaran yang dapat ditimbulkan oleh limbah bentuknya bermacam-macam. Pencemaran dapat berupa bau, warna, suara dan bahkan pemutusan rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada tingkat akhirnya akan menghancurkan tatanan ekosistem. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup biasanya berasal dari limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun atau toksisitas yang tinggi. Limbah-limbah yang sangat beracun umumnya limbah kimia, dapat berupa persenyawaan kimia atau hanya berbentuk unsur atau ion. Biasanya, senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup adalah senyawa yang mempunyai bahan aktif dari logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dari logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologi atau metabolisme tubuh, sehingga rangkaian proses metabolisme terputus. Di samping itu, bahan beracun dari senyawa kimia juga dapat terakumulasi dalam tubuh, mengakibatkan timbulnya problem keracunan kronis.

PENGERTIAN LOGAM BERAT

Logam berat sebenarnya masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lain. Perbedaannya terletak dalam pengaruh yang dihasilkan apabila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Sebagai contoh, apabila unsur logam besi (Fe) masuk ke dalam tubuh, meskipun dalam jumlah agak berlebihan, biasanya tidak menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh. Hal ini karena unsur besi dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen, sedang unsur logam berat lain misalnya tembaga (Cu), apabila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologi tubuh. Jika yang masuk ke dalam tubuh organisme hidup secara berlebihan adalah unsur logam berat beracun seperti merkuri (Hg) atau timah hitam (Pb), maka dapat dipastikan bahwa organisme tersebut akan langsung menderita keracunan.

Kelompok logam berat memiliki ciri sbb: (1) memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4); (2) mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida; (3) mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup (Palar, 1994). Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan logam ke dalam tiga kelompok biologi dan kimia (biokimia), pengelompokan tersebut ialah: (1) logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia apabila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *oxygen-seeking metal*; (2) logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia apabila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen sulphur seeking metal*; dan (3) logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus atau spesifik sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam atau ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B pada Tabel Periodik Unsur (Palar, 1994).

Dalam kondisi suhu kamar, logam berat tidak selalu berbentuk padat tetapi ada yang berbentuk cair. Logam cair, contohnya adalah merkuri (Hg), serium (Ce) dan gallium (Ga). Melihat bentuk dan kemampuan yang ada pada setiap logam, maka dapatlah diketahui bahwa setiap logam haruslah: (a) memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik (konduktor); (b) memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik; (c) memiliki kerapatan yang tinggi; (d) dapat membentuk *alloy* dengan logam lain; dan (e) untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk. Di samping itu, setiap unsur logam baik yang padat maupun yang berbentuk cair akan memberikan ion positif (+) apabila senyawanya dilarutkan dalam air. Oksida dari senyawa tersebut akan membentuk hidroksida bila bertemu dengan air.

Hampir 75% dari unsur-unsur yang terdapat dalam Tabel Periodik Unsur merupakan unsur logam. Unsur logam tersebut ditemukan hampir pada setiap golongan, kecuali pada golongan VII-A dan golongan VIII-A dari Tabel Periodik Unsur. Unsur-unsur logam tersebut dikelompokkan pula ke dalam golongan-golongan yang sesuai dengan karakteristiknya. Pengelompokkan tersebut adalah sbb.: (a) golongan alkali; (b) golongan logam alkali tanah; (c) golongan logam transisi; (d) golongan logam mulia; (e) golongan logam tanah; (f) golongan logam tanah jarang; dan (g) golongan logam lantanida dan aktinida.

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan pengaruh khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat berubah menjadi bahan racun yang akan merusak tubuh makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam merkuri (Hg), kadmium (Cd), timah hitam (Pb) dan khrom (Cr). Namun, meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut jumlahnya

sangat sedikit, tetapi apabila tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal. Karena mutlak diperlukan oleh tubuh maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Ternyata kemudian, apabila logam-logam esensial ini masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh. Contoh dari logam-logam berat esensial demikian ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn) dan nikel (Ni).

SUMBER PENCEMARAN LOGAM BERAT

Sebenarnya unsur logam ditemukan secara luas di seluruh permukaan bumi, mulai dari tanah, batuan, air, bahkan ke lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, dan sangat jarang yang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal. Sebagai contoh yaitu: *galena* (PbS), *anglesite* (PbSO₄), *cerrusite* (PbCO₃), *cinnabar* (HgS), dan *pirit* (FeS). Dalam air, logam pada umumnya berada dalam bentuk ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion tunggal.

Kelarutan unsur-unsur logam dan logam berat dalam air dikontrol oleh: (1) pH air; (2) jenis komponen mineral teroksidasi; dan sistem yang berlingkungan redoks (reaksi reduksi dan oksidasi). Pada lapisan atmosfer, biasanya logam ditemukan dalam bentuk partikulat, yang unsur-unsur logamnya ikut beterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer.

Semua bahan pencemar membentuk kesatuan yang utuh pada lapisan tanah. Misalnya, buangan polutan organik yang tidak terkendali dapat mempengaruhi kondisi organik tanah yang ada. Pada tingkat selanjutnya polutan akan mencemari lapisan tanah, sehingga tanah berubah menjadi kritis.

Namun, tanah juga berfungsi sebagai pengangkut bahan pencemar atau polutan.

Peranan tanah terhadap pengangkutan dan penghilangan bahan-bahan pencemar sangatlah besar. Proses pengangkutan tersebut bermacam-macam, diantaranya ialah pengaliran, peresapan dan pelumeran. Dua cara terakhir merupakan proses pengangkutan bahan-bahan pencemar yang dominan.

Di lapangan, preparat Hg sering digunakan dalam proses pengawetan kayu, sebagai fungisida, parasitisida dan antiseptika (Buck dan Osweiler, 1976; Clarke *et al.*, 1981). Garam merkuri juga digunakan secara luas dalam bidang kedokteran sebagai katartika, diuretika, antibakteria, laksativa, antibiotika dan bahan untuk penambal gigi (amalgam). Dalam bidang kosmetika, merkuri digunakan sebagai pemutih kulit (Clarke *et al.*, 1981; Goodman dan Gilman, 1985; Klaassen, 1985; Rouseaux dan Haschek, 1991).

Pencemaran Cd di lingkungan dapat berasal dari pertambangan Pb, Cu dan Zn, sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan cat, solder, dan baterai (CdSO_4), industri pencelupan tekstil, industri pesawat terbang (CdNi), industri *electroplanting* (CdO , CdH_2 , CdCl), industri peluru kendali, industri manufaktur polivinil klorida (Cd stearat). Cd juga digunakan dalam proses pembuatan tetraetil Pb [$\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cd}$], fotografi (CdBr_2 dan CdI_2), pada pengembangan reaktor nuklir, industri ringan seperti proses pengolahan roti, ikan dan minuman dll.

Sumber polutan Cu dapat berasal dari buangan industri yang menggunakan bahan baku tembaga, pengawetan kayu, pertambangan tembaga, industri kerajinan perak, industri cat, insektisida dan pestisida, baterai, buangan rumah tangga dll.

Pencemaran perak (Ag) dapat berasal dari kegiatan industri yang menggunakan bahan tersebut, misalnya pabrik keramik, pabrik kaca, pabrik obat-obatan, proses pelapisan barang dengan perak (kerajinan

perak) solder dan pertambangan. Udara di sekitar yang diizinkan, mengandung tidak lebih dari $0,01 \text{ mg Ag/m}^3$.

Hasil pemeriksaan kandungan logam dalam air limbah di salah satu perusahaan kerajinan perak di Kotagede, Yogyakarta memperlihatkan bahwa selain mengandung Ag $0,36 \text{ mg/L}$ ppm juga mengandung Cu $201,90 \text{ mg/L}$, Cr 0.18 mg/L , Pb 0 mg/L . Al $4,23 \text{ mg/L}$ dan Ni $0,30 \text{ mg/L}$. Kandungan logam Ag pada sampel tanah tempat air limbah dibuang sebesar $806,25 \text{ mg/Kg}$, Cu $443,75 \text{ mg/Kg}$ dan Cr $13,0 \text{ mg/Kg}$ (Hariono, 1997). Menurut Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI Tahun 1988, batasan baku mutu lingkungan limbah cair mengandung Cu maksimum 1 mg/L dan C $0,1 \text{ mg/L}$ (Anonim, 1988).

Sumber pencemaran Cr dapat berasal dari pabrik semen, baterai dan cat, industri pelapisan dengan Cr, pewarnaan, penyamakan kulit, pengawetan kayu, pengelasan, fotografi, bahan peledak, antioksidan dll.

Kandungan Pb yang tinggi pada tanah air, udara, tanaman, makanan, tubuh hewan dan manusia biasanya berhubungan erat dengan proses pertambangan, peleburan logam, industri yang menggunakan bahan baku Pb (misalnya pabrik-pabrik cat, kabel, enamel, gelas, baterai dan pestisida) dan tidak kalah pentingnya Pb berasal dari asap kendaraan bermotor (bahan bakar menggunakan aditif tetraetil atau tetrametil Pb).

Pencemaran logam berat, misalnya Pb pada tanaman pangan di sekitar jalan raya, telah mengundang perhatian para pakar, sebab tanaman itu akan dikonsumsi oleh hewan dan manusia. Seperti diketahui, kandungan Pb normal untuk tanaman pangan adalah $0,1 - 1,0 \text{ } \mu\text{g/g}$ (ppm). Pada tanah yang tercemar, seperti di sekitar jalan raya di New York dan Western Maryland, tanamannya rata-rata mengandung 80 dan $115 \text{ } \mu\text{g/g}$ (Cannon dan Bowles, 1962).

Penelitian di lokasi Woolloongabba, Brisbane, Australia (kepadatan lalu lintas

sangat tinggi), memperlihatkan bahwa kandungan Pb dalam tanah yang tinggi (1 m dari tepi jalan) sebesar 1.100 $\mu\text{g/g}$, Pb dalam air cucian daun 94,0 $\mu\text{g/g}$, Pb dalam daun 28 $\mu\text{g/g}$, Pb dalam udara sekitar 1,60 $\mu\text{g/g}$. Sebagai perbandingan dengan daerah Jamboree Heights (dengan kepadatan lalu lintas rendah), kandungan Pb tanah (1 m dari tepi jalan) sebesar 59,76 $\mu\text{g/g}$, Pb pada air cucian daun 23,75 $\mu\text{g/g}$, Pb dalam daun 2,32 $\mu\text{g/g}$ dan Pb udara sekitar 0,30 $\mu\text{g/m}^3$. Konsentrasi Pb tertinggi dijumpai pada tanah dengan jarak kurang lebih 20m dari pompa bensin sebesar 12.000 $\mu\text{g/g}$, Pb dalam cucian daun sekitar 340 $\mu\text{g/g}$ dan Pb dalam daun 65 $\mu\text{g/g}$ (Hariono, 1991). Kandungan Pb tanah, dalam air cucian daun, dalam daun dan di udara sangat berfluktuasi sesuai dengan jumlah kendaraan yang lewat, jarak objek dengan tepi jalan, arah angin dan curah hujan.

Kandungan Pb udara bebas polusi adalah sekitar 0,0006 $\mu\text{g/m}^3$. Kandungan Pb terendah adalah 8-25 pg/m^3 udara yaitu di Antartika (Volkening *et al.*, 1988). Udara di daerah pemukiman mengandung sekitar 0,5-10 $\mu\text{g/m}^3$ (Anonim, 1987). Konsentrasi Pb dalam udara sangat berhubungan dengan padat tidaknya lalu lintas kendaraan bermotor. Sebagai contoh, de Jonghe *et al.* (1981) melaporkan bahwa jumlah total Pb-alkil di udara adalah 0,0003 $\mu\text{g/m}^3$ di daerah luar kota, dan maksimum 0,40 $\mu\text{g/m}^3$ di sekitar pompa bensin di antwerp, Belgia. Menurut royset dan Thomassen (1987), jumlah Pb-alkil dalam asap mobil bervariasi antara 0,1 dan 15 $\mu\text{g/m}^3$, antara 0,01 dan 0,5% adalah kandungan Pb anorganik, Penguapan Pb-alkil di tempat parkir mobil diperkirakan 0,5 mg Pb/hari/mobil.

Asap kendaraan bermotor merupakan sumber utama Pb (> 90%) di atmosfer (Anonymous, 1980). Penduduk di perkotaan umumnya menghirup udara yang mengandung Pb 0,5-1,0 Mg/m^3 . Rekomendasi *US Environmental Protection Agency* (Anonymos, 1987) paling tinggi 1,5

$\mu\text{g/m}^3$. Kandungan Pb dalam bahan bakar bensin di negara-negara seperti Jerman, Swiss dan Swedia 0,15 g/L, Jepang 0,02 g/L (Winder, 1984; Misaelides *et al.*, 1989), di USA dan Kanada 0,029 g/L (Anonymous, 1989), Saudi Arabia 0,84 g/L (Anonymous, 1985) dan di Indonesia 0,80 g/L (Wijaya, 1988). Negara bagian Queensland menggunakan 0,84 g Pb per liter bahan bakar dibandingkan dengan 0,65 g/L di South Australia. Pemerintah australia telah mengundang bahwa semua kendaraan yang di produksi di negara ini telah dapat menggunakan bahan bakar bebas Pb (*unleaded gasoline*) sejak tahun 1986 (Anonymous, 1989).

Konsentrasi logam Pb air laut normal adalah 0,00002 sampai 0,00003 $\mu\text{g/mL}$ (Bowen, 1966, Preston, 1973), dan 0,0006-0,12 $\mu\text{g/ML}$ dalam air sungai (Bowen, 1966). Penelitian Yatim *et al.* (1979) menunjukkan bahwa kandungan logam berat seperti Hg, Cd, Pb, Zn, dan Ni di Teluk Jakarta telah melebihi Nilai Ambang Batas yang ditentukan, demikian pula kandungan logam berat tersebut pada berbagai ikan laut yang dijual di pasar ikan Kalibaru, Jakarta (Suwirma *et al.*, 1981). Hutagalung (1987) juga telah melaporkan kandungan Hg yang tinggi di atas normal pada sungai Angke dan Teluk Jakarta. Pada tahun 1983, pencemaran Teluk Jakarta ini telah menelan korban penduduk nelayan (menderita keracunan Hg) dengan gejala kekejangan anggota gerak, inkoordinasi saraf, kulit menguning, kemunduran mental (idiot) terutama pada anak-anak nelayan, demam dan selanjutnya kondisi badan memburuk. Kiranya terlalu banyak kasus pencemaran sungai, laut dan lingkungan yang lain di segenap pelosok tanah air untuk dilaporkan di sini.

Di USA, *the National Academy of Sciences* dan *the National of Engineering* (1973) dan WHO (1963), merekomendasikan bahwa Pb dalam air untuk kebutuhan umum tidak boleh melebihi 0,05 $\mu\text{g/mL}$ (Anonymous, 1973; Anonymous, 1963). *World Health Organization* (1971) telah

menyarankan bahwa kandungan untuk Pb adalah 0,1 µg/ mL, dengan asumsi bahwa kebutuhan minum sekitar 2,5 L/orang/hari, yang berarti *intake* maksimum sekitar 250 µg/hari (Anonymous, 1971).

Pada tahun 1978, USCDC (*United States Centers for Disease Control*) menyatakan batas maksimum kandungan Pb dalam darah anak-anak normal adalah 0,30 µg/mL. Namun pada tahun 1985, USCD mengubahnya menjadi 0,25 µg/mL. Lebih lanjut berdasarkan data klinis terbaru, *Laboratory Report for Physicians* (1987) memberi saran agar orang menurunkan batas tersebut untuk anak-anak, yaitu 0,10 µg/ML (Anonymous, 1987). Ketentuan kadar Pb dalam darah orang dewasa normal adalah 0,40 µg/mL, sementara kadar 0,40-0,80 µg/mL masih dapat diterima untuk pekerja yang berhubungan dengan Pb (McCallum, 1972). Undang-undang tentang Pekerja dan Timah Hitam di Inggris telah memberikan batasan maksimum untuk kadar Pb daerah pada para pekerja sebesar 0,70 µg/mL, dan mulai efektif sejak tanggal 1 Januari 1986 (Anonymous, 1985b).

Kandungan Pb normal dalam darah hewan, seperti kuda, sapi, kambing, berkisar dari 0,1-0,13 µg/mL, dengan kadar maksimum 0,35 µg/mL (Bartik, 1981).

Untuk mengetahui sampai seberapa jauh derajat pencemaran lingkungan kiranya perlu mengetahui dahulu kandungan logam-logam makro dan mikro yang ditemukan dalam kerak bumi seperti terlihat pada Tabel 1.

INDUSTRIALISASI BERWAWASAN LINGKUNGAN

Pembangunan Indonesia yang terus digalakkan menuntut masyarakat ikut serta aktif di dalamnya. Tanpa keikutsertaan masyarakat, mustahil pembangunan dapat berjalan sebagaimana diharapkan. Salah satu program ialah pembangunan lingkungan yang dalam hal ini akan menyangkut juga masalah penanganan dan pengendalian limbah logam berat. Beberapa faktor penghambat dalam penanganan limbah logam berat adalah sbb:

Tabel 1. Kandungan Logam Makro dan Mikro yang Ditemukan dalam Kerak Bumi

Kelompok	Logam	Simbol	Jumlah (mg/kg)
Makro	Aluminium	Al	81.300
	Besi	Fe	50.000
	Kalsium *	Ca	36.300
	Natrium *	Na	28.300
	Kalium *	K	25.900
	Magnesium *	Mg	20.900
	Mangan	Mn	1.000
Mikro	Barium	Ba	425
	Nikel	Ni	75
	Seng	Zn	70
	Tembaga	Cu	55
	Plumbum	Pb	12,5
	Uranium	U	2,7
	Timah Putih	Sn	2
	Kadmium	Cd	0,2
	Merkuri	Hg	0,08
	Perak	Ag	0,07
	Emas	Au	0,004

* Logam ringan . Sumber : Stoker dan Seager (1979)

(a) masih belum terciptanya iklim budaya masyarakat yang mementingkan kebersihan lingkungan; (b) masih banyak masyarakat yang belum mengerti kegunaan kebersihan lingkungan, terutama jika dikaitkan dengan kesehatan masyarakat; (c) masih banyak anggota masyarakat yang belum mengetahui dengan baik cara membersihkan lingkungan; (d) masih kurangnya teknologi tepat guna yang dapat menangani dan sekaligus memanfaatkan limbah logam berat menjadi komoditi yang bernilai ekonomi; (e) masih banyak anggota masyarakat yang belum mengerti bahaya atau dampak negatif pembuangan limbah logam berat lewat cerobong pabrik, emisi kendaraan bermotor, limbah laboratorium dan rumah sakit, dll.; (f) masih tingginya biaya penanganan dan pendaur-ulangan limbah logam berat; (g) belum adanya sistem pengelolaan yang menyeluruh mengenai penanganan dan pengendalian limbah logam berat yang melibatkan seluruh anggota masyarakat; (h) belum adanya undang-undang yang mengatur keselamatan pekerja pada industri yang menggunakan bahan baku logam berat secara rinci, misalnya Pb, Hg, Cd atau logam yang lain; (i) belum adanya penyediaan dan pemasyarakatan penggunaan bahan bakar bebas timah hitam (*unleaded gasoline*); dan (j) belum terlaksananya sanksi yang berat dan tegas bagi pelanggar hukum atau oknum-oknum pencemar lingkungan.

Dalam mengoreksi kekurangan yang dihadapi perlu diusahakan pengintegrasian wawasan lingkungan dalam pembangunan. Masyarakat diharapkan tidak hanya memperhatikan hasil pembangunan, tetapi juga harus memperhitungkan kemerosotan dan kerusakan kualitas lingkungan alam dan lingkungan sosial. Pola pembangunan berwawasan lingkungan berdasarkan prinsip: pendekatan holistik yang memperhitungkan saling ketergantungannya unsur-unsur ekosistem dan dampaknya terhadap lingkungan dengan pendekatan antisipatif.

Sehubungan dengan itu, usaha pengendalian pencemaran perlu ditingkatkan. Penelitian tentang limbah dan dampaknya pada lingkungan perlu diadakan, juga pengorganisasian program pemantauan lingkungan yang lebih rinci dan penilaian strategi pengendalian dampak pencemaran, sehingga dapat membantu menetapkan langkah-langkah pengendalian yang tepat agar diperoleh penilaian dampak pengembangan kawasan industri baru yang tepat, diperlukan peralatan dan pengembangan teknologi yang canggih untuk pemantauan lingkungan secara cepat, tepat dan berkesinambungan. Untuk memenuhi keperluan itu, perlu disediakan tenaga ahli dan operator peralatan pengendalian pencemaran yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1982. Undang-undang No.4 tahun 1982 tentang *Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Penerbit Aneka Ilmu, Semarang, hal.2.
- Anonim. 1988. *Baku Mutu Air Limbah Cair*. Kep. 02/MENKLH/I/1988 Tanggal 19 Januari 1988. Surat keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup RI.
- Anonymous. 1963. *International Water Standards*. WHO (World Health Organization). Geneva.
- Anonymous. 1971. *International Water Standards for Drinking-water*. WHO (World Health Organization). Geneva, 3rd ed.
- Anonymous. 1973. *Water Quality Criteria*. National Academy of Sciences/National Academy of Engineering. Environmental Protection Agency, Washington DC. EPA-R3-73-033.
- Anonymous. 1978. *Preventing lead poisoning in children*. Atlanta: Center for Disease Control, US Department of Health, Education and Welfare. USCDC

- (United States Centers for Disease Control.).
- Anonymous. 1980. *Lead and Health DHSS* (Department of Health and Social Security). HMSO, London
- Anonymous. 1985a. *Lead levels in air and in school children's blood*. MEPA (Meteorology and Environmental Protection Administration. Jeddah. KSA. MEPA, Saudi Arabia.
- Anonymous. 1985b. *Control of Lead at Work-Approved Code of Practice*. Health and Safety Commission. London: HMSO.
- Anonymous. 1987. Lead levels in blood still too high. *Lab. Report for Physicians* 9(5): 33-34.
- Anonymous. 1987. *National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards for Lead*. USEPA (United States Environmental Protection Agency). 40 CFR 50.12 Code of Federal Regulations. US Government Printing Press, Washington D.C.
- Anonymous. 1989. Australian-refined petrol has highest levels of lead. *Financial Review, Business*, Monday, May 22:48.
- Bartik, M. (ed.). 1981. *Veterinary Toxicology*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, pp. 108-118.
- Bowen, H.J.M. 1966. *Trace Elements in Biochemistry*, Academic Press, New York.
- Buck, W.B. and G.D. Osweiler. 1976. *Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology*, 2nd ed., The English Language Book Society, Bailliere Tindall, pp. 58-59.
- Cannon, H.L. and J.M. Bowles, 1962. Contamination of vegetation by tetraethyl-lead. *Science* 137: 765-766.
- Clarke, M.L., D.G. Harvey, D.J. Humphreys. 1981. Lead in: *Veterinary Toxicology* 2nd ed. The English Language Book Society, Bailliere Tindall. Pp. 58-59.
- de Jonghe, W.R.A., D. Chakraborti and F.C. Adams. 1981. Identification and determination of individual tetraalkyllead species in air. *Environ. Sci. Technol.* 15(10): 1217-1222.
- Goodman, L.S. and A. Gilman. 1965. *The Pharmacological Basis of Therapeutics*, 3rd ed., The Macmillan Company, New York, pp. 963-966
- Hariono, B. 1991. A study of lead (Pb) levels in animals and the environment with particular reference to the fruit bat (*Pteropus* sp.), thesis Ph.D. pada University of Queensland, Brisbane, Australia
- Hariono, B. 1997. Pengaruh bahan limbah perusahaan kerajinan perak di Kotagede, Yogyakarta terhadap gambaran hematologik dan histopatologik tikus percobaan (*Rattus norvegicus*), Laporan penelitian DRK UGM No. UGM/3984/M/09/01 Tanggal 1 Juli 1996.
- Hutagalung, H.P. 1987. Mercury content in the water and marine organisms in Angke Estuary, Jakarta Bay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39: 406-441.
- Klaassen, C.D. 1985. Heavy metals and heavy metal antagonist. In: *Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics*. 7th ed., Macmillan Pub., New York, pp. 1606-1611.
- McCallum, R.I. 1972. Lead in the environment: Possible health effects on adults. In: *Lead in the Environment*, Hepple, P. (ed), Institute of Petroleum 61 Cavendish St., London, WIM 8 AR, pp. 43-51.
- Misaelides, P., C. Samara, M. Georgopoulos, Th. Kouimtzis and S. Synetos. 1989. Toxic elements in the environment of Thessaloniki, Greece. Part 1: Roadside dust analysis by INNA and AAS *Toxicol. Environ. Chem.* 24: 191-198.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, hal. 23-25.
- Preston, A. 1973. Heavy metals in British waters. *Nature* 242: 95-97.

- Rousseaux, C.B. and W.M. Haschek. 1991. *Handbook of Toxicologic Pathology*. Academic Press Inc. Canada, pp. 60, 355, 350, 449-451.
- Royset, O. and Y. Thomassen. 1987. Presence of alkyllead in rural and urban air: evaluation of some sources of alkyllead pollution of the atmosphere in Norway. *Atmos. Environ.* 21(3): 655-658.
- Stoker, S. and S.L. Sieger. 1979. *Environmental chemistry: air and water pollution*, 2nd ed., Brighton, England: Scott, Foresman and Co.
- Suwirma, S., S. Surtipanti dan S. Yatim. 1981. Studi kandungan logam berat Hg, Pb dan Cr dalam beberapa jenis hasil laut segar. *Majalah Batan XIV*(1) 1-8.
- Volkening, J., H. Baumann and K.G. Heumann. 1988. Atmospheric distribution of particulate lead over the Atlantic Ocean from Europe to antarctica. *Atmos. Environ.* 22(6): 1169-1174.
- Wijaya, K. 1988. Awas, keracunan timah!. *Kompas* 16 Oktober 1988.
- Winder, C. 1988. *The developmental neurotoxicity of lead*. MTP. Press Ltd., Boston, P.14.
- Yatim, S., S. Surtipanti, S. Suwirma dan E. Lubis. 1979. Distribusi unsur logam berat dalam air laut permukaan Teluk Jakarta. *Majalah Batan XII*(3): 1-19.
- Zen, MT. 1984. *Menuju Kelestarian Lingkungan Hidup*, Cetakan ke V 1984, PT. Gramedia, Jakarta, Hal. 14.